

OPO 7829

(51)

Int. Cl. 2:

H 02 K 9/20

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

BM  
DE 28 10 222 A 1

(11)

# Offenlegungsschrift 28 10 222

(21)

Aktenzeichen:

P 28 10 222.9

(22)

Anmeldetag:

9. 3. 78

(43)

Offenlegungstag:

13. 9. 79

(30)

Unionspriorität:

(32) (33) (31)

(54)

Bezeichnung:

Kühlvorrichtung für elektrische Maschinen

(71)

Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart

(72)

Erfinder:

Binder, Georg, 8802 Bechhofen; Wößner, Günter, Dipl.-Ing. DDR.,  
7300 Esslingen

DE 28 10 222 A 1

BEST AVAILABLE COPY

2810222

Dipl. Ing. **Peter Otte**  
Patentanwalt

7033 Herrenberg (Kuppingen)  
Eifelstraße 7  
Telefon (0 70 32) 3 19 99

1297k/ot/wi  
18. Jan. 1978

Firma Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart

Patentansprüche:

1. Kühlvorrichtung für elektrische Maschinen, insbesondere Drehstromgeneratoren für Kraftfahrzeuge, dadurch gekennzeichnet, daß unter Wegfall des mechanischen Lüfters angrenzend mindestens an die Ständerwicklung (2) und die die abgegebenen Wechselströme gleichrichtenden Dioden (9) Verdampfungsteilbereiche (11a, 14a, 15a, 18a, 21a, 24a, 24a', 30a, 34a, 36a, 36a', 41, 42, 41', 42') geschlossene einen bei üblichen Betriebstemperaturen verdampfenden Wärmeträger enthaltender Hohlraumstrukturen (11, 14, 15, 18, 21, 21b, 24, 24', 30, 34, 36) angeordnet sind, die nach dem Prinzip des Wärmerohrs zur Erzielung eines zyklischen Uml des Wärmeträgers mit weiteren Hohlraumstrukturen verbundene sind, die zur Bildung eines Kondensationsteilbereiches (11b, 14b, 15b, 18b, 21d, 21f, 24b, 27, 30b, 33, 36b, 39, 39') für den Wärmeträger in einem kühleren Umgebungsbereich angeordnet sind.
2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfungsteil (11a) zur Kühlung der Ständerwicklung (2) eine Zylinderschalenform aufweist und angrenzend an die Wicklung angeordnet ist.
3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der radialringförmige Verdampfungsteil (14a, 30a, 34a, 36a', 42, 42') für die Diodenkühlung in einer gleich Radialebene angeordnet ist, wie die die erzeugten Wechsel

909037/0355

ORIGINAL INSPECTED

ströme gleichrichtenden Dioden, und an diese Dioden angrenzt.

4. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampfungsteile mittelbar oder unmittelbar mit den Kondensationsteilen verbunden sind.
5. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die radialringförmigen oder zylinderschalenförmigen Verdampfungsteile für die Kühlung der Dioden bzw. der Ständerwicklung in rohrförmige oder zylinderschalenförmige, außerhalb des Gehäuses des Drehstromgenerators liegende Kondensationsteile übergehen, an denen in einem Luftstrom (m) liegende Rippen (12) befestigt sind.
6. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderschalenform des Verdampfungsteils (15a) der Ständerwicklungskühlung mindestens an bestimmten peripheren Randbereichen in rohrförmige oder Zylinderschalenformen größerer Erstreckung bildende Kondensationsteile (15b) übergehen, die in Ausnehmungen der äußeren Gehäusewandung der Lichtmaschine angeordnet sind und über äußere Längs- oder Querrippen (16, 20) verfügen (Fig. 3).
7. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensationsteil (18b) innerhalb der Gehäusewandung (19) angeordnet ist, die außen Längs- oder Querrippen (16, 20) trägt (Fig. 4).
8. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Kondensationsteil (21b) auf der Außenwandung (22) des Drehstromgenerators aufliegt und mit dem inneren Verdampfungsteil (21a) über

ein Zwischenrohr (21c) verbunden ist (Fig. 6).

9. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeabfuhr von den Wärme abgebenden Teilen (Wärmequellen, Ständerwicklung, Diode ...) zu geeigneten kühleren Stellen (Wärmesenken) mittels mehrerer hintereinander geschalteter, in sich abgeschlossener und in engem Berührungskontakt stehender Wärmehohlräume (21, 21b) erfolgt.
10. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich der außenliegende Kondensationsteil (24b) rohrförmig von der Gehäusewandung (22') wegerstreckt und Kühlrippen (25) aufweist (Fig. 7).
11. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderschalenstruktur des Verdampfungsteils (24a') über eine Rohrverbindung (24c') mit einem hierzu entfernt angeordneten Kühlkörper (27) verbunden ist, der Kühlrippen (28) trägt und an geeigneter kühlerer Stelle angeordnet ist (Fig. 8).
12. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampfungsteile Aufnahmeöffnungen für Wärmequellen (Ständerwicklung, Dioden) aufweisen, derart, daß diese umschlossen sind.
13. Kühlvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der von einer Radialringstruktur gebildete Verdampfungsteil (30a) für die Diodenkühlung die Dioden (9) aufnehmende Aufnahmeöffnungen (32) aufweist und über ein Verbindungsrohr (30c) mit einem außerhalb des Drehstromgeneratorgehäuses oder entfernt zu diesem angeordneten Kühlkörper (30b, 33)

als Kondensationsteil in Verbindung steht (Fig. 9, Fig. 10).

14. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Radialringstruktur des Verdampfungsteils (34a) des Wärmerohrs (34) für die Diodenkühlung vom die Dioden (9) lagernden Halteblech (10) und von den Dioden durch eine elektrische Isolierschicht (35) getrennt ist (Fig. 11).
15. Kühlvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsamer Kondensationsteil (36b, 39, 39') für die der Ständerwicklung (2) bzw. den Dioden (9) zugeordneten Verdampfungsteile (36a, 36a'; 41, 42, 41', 42') vorgesehen ist, mit dem die Verdampfungsteile entweder direkt oder über getrennte oder gemeinsame Rohrverbindungen (36c, 43a, 43b, 44) verbunden sind (Figuren 12, 13, 14).

Dipl. Ing. **Peter Otte**  
Patentanwalt

2810222  
7033 Herrenberg (Kuppingen)  
Eifelstraße 7  
Telefon (0 70 32) 31999

1297k/ot/wi  
18. Jan. 1978

- 5 -

Firma Robert Bosch GmbH  
7000 Stuttgart

# Kühlvorrichtung für elektrische Maschinen

## Zusammenfassung

Es wird eine Kühlvorrichtung für elektrische Maschinen, insbesondere Drehstromgeneratoren für Kraftfahrzeuge vorgeschlagen die dazu dient, trotz des möglichen Wegfalls des Lüfters den Wirkungsgrad durch bessere Kühlung zu steigern und dadurch eine bessere Nutzung der elektrischen Maschine zu erzielen. Die Kühlvorrichtung umfaßt aus geschlossenen Hohlraumstrukturen bestehende Verdampfungsbereiche, die mindestens angrenzen an die Ständerwicklung und die den abgegebenen Wechselstrom gleichrichtenden Dioden bei einem Drehstromgenerator angeordnet sind. Zur Vervollständigung des Wärmerohrprinzips und zur Erzielung eines zyklischen Umlaufs eines in den Hohlraumstrukturen befindlichen, bei üblichen Betriebstemperaturen verdampfenden Kühlmittels sind mit den die Verdampfungsbereiche bildenden Hohlraumstrukturen weitere Hohlraumstrukturen verbunden, die

909837/0355

für das Kühlmittel Kondensationsbereiche bilden und in kühlerer Umgebung angeordnet sind. Da die Hohlraumstrukturen in ihrem Inneren Kapillarstrukturen aufweisen, sorgt nach dem Wärmerohrprinzip das verdampfbare Kühlmittel für einen ständigen Wärmetransport von den Verdampfungsbereichen zu den Kondensationsbereichen und daher für eine wirksame Kühlung des Drehstromgenerators.

#### Stand der Technik.

Die Erfindung geht aus von einer Kühlvorrichtung für elektrische Maschinen nach der Gattung des Hauptanspruchs. Die Kühlung von elektrischen Maschinen, beispielsweise von Drehstromgeneratoren im Kraftfahrzeugbereich erfolgt in üblicher Weise mit Hilfe von Lüfterflügeln oder Ventilatoren, die bevorzugt direkt an der Rotorwelle befestigt sind und im Gehäuseinneren oder außerhalb des Gehäuses der elektrischen Maschine einen Kühlluftstrom ansaugen und im wesentlichen in axialer Richtung durch die elektrische Maschine, die im folgenden lediglich noch als Drehstromgenerator bezeichnet wird, treiben. Diese bekannte Kühlung durch einen mitangetriebenen Radiallüfter ist in mehrerer Hinsicht nachteilig, denn erstens verbraucht der Radiallüfter stets eine mit steigender Drehzahl überproportional ansteigende Antriebsenergie, auf die auch nicht verzichtet werden kann, wenn eine Kühlung gar nicht erforderlich sein sollte. Außerdem transportiert die von dem Lüfter angesaugte Kühlluft neben dieser auch sonstige Verunreinigungen, Stäube u. dgl. durch die elektrische Maschine, was zu Störungen und Ablagerungen an dieser führen kann, so daß sich die Kühlverhältnisse insgesamt verschlechtern. Außerdem ist die Kühlung eines Drehstromgenerators mit Hilfe eines Lüfters geräuschbehaftet, wobei in besonders unangenehmen Fällen der Radiallüfter als Membran für die Geräuscherzeugung dient, wenn mit ihm verbundene, rotie-

rende Maschinenteile bei bestimmten Drehzahlen in Axialschwingungen geraten.

Da es notwendig ist, die Kühlleistung des Lüfters so auszulegen, daß auch im ungünstigsten Fall, d.h. bei sehr hohen Außentemperaturen und voller Belastung der Drehstromgenerator noch ausreichend gekühlt ist, muß entweder die Lüfterleistung oder der Drehstromgenerator entsprechend groß ausgelegt werden, es müssen Kühlluft-Leitkanäle im Generatorinneren vorgesehen sein und die mechanischen Bauelemente des Generators, die einer intensiven Kühlung bedürfen, so angeordnet werden, daß sie sich im Kühlluftstrom befinden oder es muß auf eine Type mit größerer Leistung zurückgegriffen werden. Dies alles erfordert einen erheblichen Aufwand und verringert den Wirkungsgrad, den beispielsweise ein Drehstromgenerator erreichen könnte. Weit problematischer ist noch die Kühlung eines abgekapselten Generators.

Allgemein ist es auf vielen Gebieten der Technik bekannt, einen Wärmetransport und damit unter Umständen verbunden eine Kühlung durch sogenannte Wärmerohre vorzunehmen, die aufgrund ihrer Beschaffenheit in der Lage sind, erhebliche Wärmemengen zu transportieren. Ein solches Wärmerohr, welches mit einem Teilbereich in eine kühlere Zone ragt, enthält in seinem Inneren einen Wärmeträger bzw. ein verdampfbares Wärmetransportmittel oder Kühlmittel, welches sich dort, wo Wärme aufzunehmen ist, erwärmt und jeweils verdampft und als Dampf im Inneren des Wärmerohrs zu dessen kühleren Bereich gelangt. Dort schlägt sich das Kühlmittel nieder und wird mittels Kapillarkraft wieder in den Verdampfungsbereich transportiert. Das maximale Wärmetransportvermögen solcher Wärmerohre ist bedingt durch die Kapillarkraft und die Druckabfälle der Dampf- und der Flüssigkeitsströmung.

In der Leistungselektronik ist eine Kühlung von Thyristoren mittels Wärmerohre schon bekannt (s. BBC-Nachrichten, 1973, H 6/7, S. 143ff).



### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung für elektrische Maschinen mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat gegenüber der üblichen Kühlung von Generatoren, nämlich Luftkühlung, gegebenenfalls auch Wasser- oder Ölkühlung, den Vorteil, daß sich der Wirkungsgrad des Generators erheblich steigern läßt, so daß infolge der besseren Kühlung eine bessere Nutzung der Maschine möglich ist. Ist nur eine bestimmte Leistung erforderlich, dann ermöglicht die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung eine Verkleinerung des Generators.

Als weiterer Vorteil ist anzusehen, daß sich durch den Wegfall des Lüfters die Leistungsaufnahme des Drehstromgenerators insgesamt verringert, so daß sich bei Kraftfahrzeugen bei vergleichsweise hoher Drehzahl ( $n=6000 \text{ min}^{-1}$ ) effektive Einsparungen zwischen 1 bis 2 PS erzielen lassen, die der Kraftstoffersparnis zugute kommen oder zu einer Geschwindigkeitserhöhung des Fahrzeugs beitragen können.

Von besonderem Vorteil ist weiterhin noch, daß die Probleme, die sich bei der Kühlung staubgeschützter, also im wesentlichen gekapselter Generatoren ergeben, beseitigt sind. Staubgeschützte Generatoren verfügen nicht über die üblichen Luftleitkanäle und sonstigen Öffnungen für die Abfuhr der beim Betrieb entstehenden Wärmemengen, so daß solche Generatoren entweder auf sehr hohe Leistung bei nur mittlerem Leistungsbedarf ausgelegt werden mußten oder die erforderliche Kühlung durch komplizierte Maßnahmen sicherzustellen war.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Kühlvorrichtung möglich. Besonders vorteil-

haft ist hierbei, daß durch die Anordnung geeigneter Kühlkörper beispielsweise Kühlrippen im Bereich des Drehstromgenerators, ein intensiver Wärmeaustausch und eine effektive Kühlung möglich ist und außerdem eine rasche Kühlwirkung bei Stoßlasten, d.h. ein sehr gutes Zeitverhalten bei instationärem Maschinenbetrieb gewährleistet ist. Sobald der Siedepunkt des Arbeitsmediums, der entsprechend gewählt werden kann, erreicht ist, erfolgt praktisch spontaner Wärmetransport durch Dampfströmung zur Kondensationszone, d.h. zur Kühlfläche des Wärmerohrs. Es ist auch möglich, die Kühlkörper, also den Kühlflächenbereich des Wärmerohrs mit zugeordneten weiteren Kühlrippen und ähnlichen Einrichtungen getrennt von dem zu kühlenden Gleichstrom- oder Wechselstromgenerator anzuordnen, beispielsweise bei Anwendung auf Kraftfahrzeuge im wirksamen, ohnehin erforderlich Kühlluftstrom für die Brennkraftmaschinenkühlung.

#### Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines Drehstromgenerators, dessen im wesentlichen zu kühlende Teilbereiche, nämlich Ständerwicklung und Gleichrichtdioden mit der erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung ausgerüstet sind, Fig. 2 im kleineren Maßstab und in perspektivischer Darstellung die Ausbildung der die Wärme im Bereich des Drehstromgenerators aufnehmenden Wärmerohre als Ringkanäle oder Zylinderschalen, Fig. 3 eine erste mögliche Ausführungsform einer der Statorwicklung zugeordneten Kühlvorrichtung mit außen angeordneten kühlenden Rippenstrukturen, Fig. 4 eine zweite Ausführungsform zur Kühlung der Statorwicklung, Fig. 5 die räumliche Darstellung des der Stator- oder Ständerwicklung zugeordneten Wärmerohrs, Fig. 6 eine alternative Ausführungsform eines zweitei-

ligen, der Statorwicklung zugeordneten Wärmerohrs, wobei ein äußerer Teil auf die Gehäusewand des Drehstromgenerators aufgesetzt ist, und die Figuren 7 und 8 weitere alternative Ausführungsformen von Wärmerohrstrukturen zur Kühlung der Statorwicklung, Fig. 9 zeigt eine erste Ausführungsform einer Wärmerohrstruktur zur Kühlung der den abgegebenen Wechselstrom gleichrichtenden Dioden, Fig. 10 zeigt die Ausführungsform der Diodenkühlvorrichtung mit einem äußeren Kühlkörper und Fig. 11 eine alternative Möglichkeit der Zuordnung des Wärmerohrs zu der einzelnen, zu kühlenden Diode, schließlich zeigen die Figuren 12, 13 und 14 eine Statorwicklung und Dioden gleichzeitig kühlende Kühlvorrichtung in verschiedenen Ausführungsformen.

#### Beschreibung der Erfindungsbeispiele

Bevor im einzelnen auf die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung eingegangen wird, sei darauf hingewiesen, daß diese sich zur Kühlung beliebiger elektrischer Maschinen in vorteilhafter Weise eignet; daher beschränkt die nachfolgende Erläuterung, die die erfindungsgemäße Wärmerohr-Kühlvorrichtung in Verbindung mit einem Drehstromgenerator im einzelnen beschreibt, die Erfindung nicht auf dieses Ausführungsbeispiel.

Der Grundgedanke vorliegender Erfindung besteht darin, bei elektrischen Maschinen und speziell bei Lichtmaschinen, also Gleichstrom- oder Drehstromgeneratoren, der Ständerwicklung bzw. dem Ständerpaket und den die abgegebenen Wechselströme gleichrichtenden Dioden durch eine Verdampfungskühlung die erforderliche Kühlleistung zuzuführen. Diese Verdampfungskühlung beruht auf dem Grundprinzip des Wärmerohrs, welches für sich gesehen bekannt ist.

Die Ableitung der im Stator, also in der Ständerwicklung, bzw. in den Dioden gebildeten Wärme vom Inneren der Lichtmaschine nach außen auf Wärmeaustauschflächen erfolgt daher mittels Wärmerohre durch das schon erwähnte Prinzip der Verdampfungskühlung. Bei Verdampfung des Arbeitsmediums im Wärmerohr erfolgt die Wärmeabfuhr oder -übertragung von der Verdampfungszone zur Kondensationszone durch den Dampf als Transportmittel in Form von latenter Wärme bei angenähert konstanter Temperatur längs des Wärmerohrs. In der Kondensationszone kondensiert das dampfförmige Transport- oder Kühlmittel wieder und gelangt durch eine im Inneren der <sup>das</sup>Wärmerohr bildenden Hohlraumordnung befindlichen Kapillarstruktur zurück in den Verdampfungsbereich. Dieser Rücktransport erfolgt daher durch Kapillarkraft und benötigt keinen äußeren Antrieb.

Die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung ermöglicht die Abführung der zum Teil erheblichen Wärmemengen, die in einer Lichtmaschine gebildet werden, zu einer entfernten Wärmesenke, die auch außerhalb der Lichtmaschine befindlich sein kann. Sie ermöglicht außerdem die für eine effektive Kühlung erforderliche Bereitstellung entsprechend großer Wärmeübertragungsflächen und sie ermöglicht eine wirksame Kühlung bei der angenähert sehr hohen Temperatur der Wärmequelle, was bei Lichtmaschinen besonders wichtig ist, wenn die Wärmeabfuhr an die Umgebungsluft mit relativ hoher Temperatur erfolgen muß.

Zum besseren Verständnis wird zunächst anhand der Darstellung der Fig. 1 kurz auf den grundsätzlichen Aufbau einer Lichtmaschine, nämlich eines in dieser Figur dargestellten Drehstromgenerators mit Klauenpollen eingegangen. Innerhalb eines umgebenden Gehäuses 1 befindet sich die üblicherweise dreiphasige Ständerwicklung 2 als feststehender Leitungsteil sowie ein Rotor oder Läufer 3, auf dessen Welle 4 auch die Schleifringe 5a,

5b angeordnet sind, die der Erregerwicklung 6 des Rotors den erforderlichen Gleichstrom zuführen. Das sich ändernde magnetische Wechselfeld wird dadurch erzielt, daß der Läufer die Gestalt von ineinandergreifenden Klauenpolhälften 7, 8 aufweist, wodurch sich über den Umfang abwechselnde Magnetpole ausbilden. Von der feststehenden Ständerwicklung 2 gelangt der in dieser induzierte Wechselstrom zu Dioden, von denen eine bei 9 dargestellt ist. Es versteht sich, daß ein solcher Drehstromgenerator über eine Vielzahl von gleichrichtenden Dioden verfügt, denn es müssen drei um jeweils  $120^\circ$  elektrisch versetzte Phasenströme gleichgerichtet werden. Hierzu sind sechs Leistungsdioden, nämlich drei sogenannte Plusdioden und drei sogenannte Minusdioden, erforderlich. Hierzu kommen noch drei Erregerdioden, die über einen nicht dargestellten Regler der rotierenden Feldwicklung 6 den erforderlichen Erregerstrom zuführen. Insbesondere die Leistungsdioden bedürfen einer intensiven Kühlung, da sie bei entsprechend großer Belastung eine erhebliche Eigenwärme entwickeln können, die rasch zu einer Selbstzerstörung führen würde, wenn die Dioden nicht ausreichend gekühlt sind. Die Dioden 9 sind in radialer Erstreckung auf einem sie gleichzeitig lagernden Kühlblech 10 angeordnet.

Die Fig. 1 zeigt eine erste mögliche Ausführungsform einer auf dem Prinzip des Wärmerohrs beruhenden Kühlvorrichtung für Lichtmaschinen. Zur Kühlung der Ständerwicklung 2 ist der Verdampfungsteil 11a des dieser zugeordneten Wärmerohrs 11 in Form einer Zylinderschale ausgebildet, deren perspektivische Halbschalendarstellung der Fig. 2 entnommen werden kann. Von dieser Zylinderschale 11a erstreckt sich in radialer Richtung der Kondensationsbereich 11b des Wärmerohrs 11, der mit außen angeordneten Rippen 12 zur intensiven Luftkühlung versehen sein kann. Die im Inneren des Wärmerohrs 11 befindliche und den Transport des Kühlmittels oder Wärmeträgers bewirkende Kapil-

larstruktur ist jeweils durch eine gestrichelte Linienführung 13 im Inneren des Wärmerohrs 11 angedeutet. Die Ständerwicklung 2 wird daher ersichtlich von der den Verdampfungsbereich bildenden Zylinderschale 11a des Wärmerohrs völlig umfaßt; die Abfuhr der von der Ständerwicklung 2 entwickelten Wärmeleistung  $\dot{Q}$  = Wärmemenge pro Zeiteinheit, die zunächst durch Verdampfung des Wärmeträgers im Wärmerohr aufgenommen wird, erfolgt durch Kondensation dieses Wärmeträgers an den Innenwänden des im Kondensationsbereich befindlichen Wärmerohrteils 11b, wo auch die äußeren Kühlrippen 12 angeordnet sind. Es wird daher dann an die durch diese Kühlrippen strömende Luft mit dem Massendurchsatz  $\dot{m}$  diese Wärmeleistung  $\dot{Q}$  abgegeben.

Der entsprechende Vorgang spielt sich im Bereich der zu kühlen den Dioden 9 ab; in diesem Fall ist, wie Fig. 2, die rechte Seite zeigt, der Verdampfungsteil 14a des Dioden-Wärmerohrs 14 in Form eines eine radiale Erstreckung aufweisenden Ringkanals ausgebildet, der mit einer (Vertikal)fläche so angrenzend an das Halteblech 10 für die Dioden 9 angeordnet ist, daß die von den Dioden abgegebene Wärmemenge  $\dot{Q}$  übernommen und in den Bereich der Kühlrippen 12 abtransportiert wird; hierbei kann der Kondensationsteil 14b des Wärmerohrs 14 von den gleichen Kühlrippen umgeben und an diesen befestigt sein, wie der Kondensationsteil 11b des Stator-Wärmerohrs 11.

Für die effektive Kühlung der diese Kühlung benötigten Generatorelemente sind, basierend auf dem Grundprinzip der Fig. 1, eine Vielzahl von Varianten möglich, wobei im folgenden zunächst anhand der Figuren 3 bis 8 weitere Kühlmöglichkeiten für den Statorbereich (Ständerwicklung) erläutert werden.

In Fig. 3 ist als Teilausschnitt des Drehstromgenerators der Fig. 1 eine Wärmerohrstruktur 15 gezeigt, deren Verdampfungs-

teil 15a angrenzend an die Ständerwicklung 2 angeordnet ist und die an vorgegebenen Stellen ihres Zylinderschalenumfangs übergeht in ein breiteres, etwa die Länge des Drehstromgenerators aufweisendes Rohrstück 15b als Kondensationsteil, welches in die Generator-Gehäusewand eingelagert sein kann. Von diesem Rohrstück 15b gehen Rippen 16 aus, die auch einstückig mit dem Rohrstück 15b verbunden sein können. Der kühlende Luftstrom  $m$  kann bei Längsverrippung axial zum Generator entsprechend dem Pfeil 17 fließen oder bei den dargestellten radialen Rippen vorteilhaft in radialer Richtung, also längs der radiale Ringkörper um das Generatorgehäuse bildenden Rippen 16.

Die Fig. 5 zeigt nochmals eine Zylinderhalbschale 15a des Verdampfungsteils des Wärmerohrs 15. Über den Umfang der Zylinderhalbschale 15a verteilt sind die Querrohre 15b, 15b', 15b'' des Kondensationsteils angeordnet.

In Abweichung zu Fig. 3 befindet sich die Wärmerohrstruktur 18 der Fig. 4 völlig innerhalb der Gehäusewandung 19 des Generators und ist als einstückige Hohlraumstruktur mit einem sich nach innen bzw. unten auf die Ständerwicklung 2 erstreckenden und von dieser die abzugebende Wärmemenge  $Q$  übernehmenden Verdampfungsteil 18a ausgebildet. Der restliche, entweder aus einzelnen Rohrelementen, wie in Fig. 5 gezeigt, bestehende oder eine umfassende Zylinderhalbschalenstruktur aufweisende Wärmerohrteil 18b ist innerhalb der Gehäusewandung angeordnet und gibt, wie die kleinen Wärmeübertragungspfeile zeigen, die freigesetzte Wärmemenge nach allen Seiten ab. Zur Kühlung des Gehäuses können an diesem radial verlaufende oder, wie in Fig. 4 gezeigt, axial verlaufende Rippen 20 angeordnet sein, wobei sich die Rippenanordnung jeweils über die Außenwandung des gesamten Drehstromgenerator-Gehäuses erstrecken kann.

Es ist auch möglich, mehrere Wärmerohre zu einem Wärmerohrsystem aneinander zu reihen. Fig. 2 zeigt eine Hintereinanderschaltung

von zwei Wärmerohren 21 und 21b. Das Wärmerohr 21b des in Fig. 6 gezeigten Wärmerohrsystems ist ganz aus dem Gehäusebereich 22 des Drehstromgenerators herausgenommen und auf dieses aufgesetzt; auch hier wieder etwa in Form axialer Rohrelemente entsprechend der Darstellung der Fig. 5 oder als äußere, sich ringförmig um das Gehäuse erstreckende Zylinderschale. In diesem Fall befindet sich zur Überleitung des im Verdampfungssteil 21a verdampften Wärmeträgers ein Zwischenteilbereich 21c innerhalb der Gehäusewandung 22 und eine Kondensationszone 21d. Die von der Ständerwicklung 2 aufgenommene Wärmemenge  $Q$  wird vom Kondensationsteil 21d des ersten Wärmerohres auf die Verdampfungszone 21e des zweiten Wärmerohres und von dort über den entsprechenden Kondensationsteil 21f auf an diesem angeordnete axial oder radial verlaufende Rippenstrukturen 23 übertragen. Die Luftströmung kann bei axial verlaufenden Rippen entsprechend dem Pfeil 17 an der Gehäuseaußenseite vorbeistreichen.

Schließlich kann, wie in Fig. 7 gezeigt, auf ein breitflächig auf der Gehäuseaußenseite aufliegendes Kondensationsteil völlig verzichtet werden, wodurch sich eine Wärmerohrstruktur 24 ergibt, bei der der vom zylinderschalenförmigen Verdampfungssteil 24 ausgehende und die Gehäusewandung 22' durchsetzende Rohrteil 24c in Form des Kondensationsteils 24b noch weiter nach außen gezogen ist und eine Vielzahl von Kühlrippen 25 von beliebiger Formgebung trägt. Es versteht sich, daß solche, Kühlkörper bildenden Teilelemente des Wärmerohrs 24 an beliebigen Stellen mit Hilfe der Rohrdurchführung 24c durch die Gehäusewandung des Drehstromgenerators geführt werden können; es ist auch möglich, die Rohrdurchführung 24c als radialer Ringkanal auszubilden, desgleichen dann den Kondensationsteil 24b. Der Ringkanal 24a kann ebenfalls wie die aufgesetzten Rohre 24b als ein in sich abgeschlossenes Wärmerohrsystem ausgebildet sein; dieser muß jedoch in innigem Kontakt mit den aufgesetzten Rohren stehen, damit eine gute Wärmeleitung gewährleistet ist.

Die in Fig. 8 gezeigte Variante unterscheidet sich zu dem Ausführungsbeispiel der Fig. 7 dann lediglich noch durch das Merkmal, daß der durch die Gehäusewandung 22c geführte Zwischenrohrteil 24c' noch weiter verlängert ist und, nach eventuell

90983770355



erforderlichen Abbiegungen 26a, 26b in ein Kühlkörperaggregat 27 einmündet, welches an einer beliebigen Kühlstelle angeordnet sein kann. Insofern bildet das Kühlkörperaggregat 27 den Kondensationsteil des in Fig. 8 gezeigten Wärmerohrs 24'; das Kühlkörperaggregat 27 kann von beliebiger Form und beliebigen Abmessungen sein und verfügt vorzugsweise über äußere Rippenstrukturen 28 zur Kühlung. Eine solche Möglichkeit der Abfuhr der Wärme von der Wärmequelle zu einer beliebigen Kühlstelle mit Hilfe des Wärmeübertragungsmediums bietet sich besonders für die Kühlung einer geschlossenen Lichtmaschine an, also eines Generatoraggregats, welches wegen Verschmutzungsgefahr im wesentlichen abgekapselt ist. Das Kühlkörperaggregat kann dann erforderlichenfalls dort angeordnet werden, wo ausreichende Kühlluftmengen bei einem Kraftfahrzeug vorhanden ist, also im Fahrtwind, außerhalb des Motorraums oder an einer sonstigen geeigneten Stelle. Besonders vorteilhaft ist, daß auch bei einer solchen, vom eigentlichen Ort der Wärmeaufnahme durch den Verdampfungsteil 24a' erheblich entfernten Kühlstelle eine Pumpe nicht erforderlich ist, da das Grundprinzip des Wärmerohrs ein abgeschlossenes System darstellt und eine innere Dampfströmung zum Kondensationsteil als Kühlfläche und eine Rückströmung des Kondensats mittels Kapillarstruktur ermöglicht.

Die Figuren 9 bis 10 beschäftigen sich mit Wärmerohrstrukturen für die Kühlung der Dioden. So zeigt die Darstellung der Fig. 9 eine erste Möglichkeit der Einbettung der Diode(n) 9 in den Verdampfungsteil 30a der Wärmerohrstruktur 30, wobei jede Diode an zwei zueinander unterschiedlichen Flächen im Raum umfaßt ist. Es ergibt sich ein intensiver Wärmeübergang auf den Verdampfungsteil, von welchem der verdampfte Wärmeträger über eine Verbindungsrohrstruktur 30c zum Kondensationsteil 30b gelangt, dem im Luftstrom m liegende Kühlrippen 31 zugeordnet sind. Ein Teil des Verbindungsrohrs 30c erstreckt sich von der

radialen Ringstruktur 30a des Verdampfungsteils zunächst in zum Drehstromgenerator axialer Richtung nach außen und erfährt bei 32 eine Abbiegung, so daß der eigentliche Kondensationsteil 30b im wirksamen Kühlluftstrom liegt. Die perspektivische Darstellung der radialen Ringstruktur des Verdampfungsteils 30a des Wärmerohrs 30 der Fig. 9 ist in Fig. 10 nochmals dargestellt; man erkennt, daß eine Vielzahl von Aufnahmeöffnungen 32 im Radialring des Verdampfungsteils angeordnet sind, in welche die Dioden eingesetzt werden können. Die Kapillarstruktur des Verbindungsrohrstücks 30c transportiert das Kondensat des Wärmeträgers vom Kühlkörperaggregat 33 zurück zum Radialring 30a.

Ist zwischen der Diode 9 und dem Wärmerohr 34 eine elektrische Isolierung erforderlich, dann kann die Diode auch in ihrem zugeordneten Halteblech 10 eingebettet sein und gibt dann Wärme in dieses Halteblech, aber auch und insbesondere über eine elektrische Isolierschicht 35 an den wiederum an dieser anliegenden Verdampfungsteil 34a des Wärmerohrs 34 ab. Dieser Verdampfungsteil übernimmt auch entsprechende überschüssige Wärmemengen vom Halteblech 10. Die sonstige Ausbildung ist wie bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 9 und 10.

Die im folgenden noch zu erläuternden Figuren 12 bis 14 zeigen Wärmerohrstrukturen, die in einheitlicher Ausbildung der gemeinsamen Kühlung von Statorwicklung und Dioden dienen. Das Wärmerohr 36 der Fig. 12 umfaßt einen äußeren Kondensationsteil 36b, an den unmittelbar angrenzend der Verdampfungsteil 36a für die Kühlung der Ständerwicklung 2 angeordnet ist; die Radialringstruktur des Verdampfungsteils 36a' für die Kühlung der Diode 9 mündet <sup>mindestens</sup> über/ein Verbindungsrohr 36c in den Kondensationsteil 36b, der nach außen über zusätzliche, beispielsweise einstückig aufgesetzte Kühlrippen 37 verfügt. Der Kon-

densationsteil 36b kann in Ausnehmungen, etwa Nuten oder zylinderschalenförmige Ausnehmungen der Gehäuseaußenwandung des Drehstromgenerators eingesetzt sein; er kann aber auch als äußeres Teil auf die Gehäusewand aufgesetzt sein. Es ist auch möglich, die beiden Wärmerohrbereiche für die Kühlung der Ständerwicklung 2 einerseits und der Diode 9 andererseits zu trennen, beispielsweise indem man den Kondensationsteil, wie bei 38 angedeutet, durch eine Zwischenwand unterbricht.

Fig. 13 zeigt die Verwendung eines gemeinsamen Kühlkörperaggregats 39, welches mit entsprechenden Kühlrippen 40 versehen sein kann, als gemeinsames Kondensationsteil von zylinderschalenförmigem Verdampfungsteil 41 für die Ständerwicklung 2 und Radialring 42 für die Kühlung der Diode(n) 9. Als Zwischentransportmittel für den dampfförmigen Zustand des Wärmeträgers zum Kühlkörper 39 und das Kondensat des Wärmeträgers vom Kühlkörper 39 zu den Verdampfungsteilen dienen Rohrverbindungen 43a, 43b, die auch über längere Strecken zu beliebigen Kühlbereichen geführt sein können.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 14 unterscheidet sich zu dem Ausführungsbeispiel der Fig. 13 lediglich insofern, als beide Verdampfungsteile 41' und 42' ein gemeinsames Verbindungsrohr 44 verwenden, welches zum Kühlkörper 39' führt. Der Verbindungspunkt der beiden Verdampfungsteile 41' und 42' liegt dort, wo deren radiale und axiale Verlängerungen aufeinandertreffen, also etwa bei 45 in Fig. 14.

Üblicherweise ist es bei Lichtmaschinen, beispielsweise den dargestellten Drehstromgeneratoren, lediglich erforderlich, den Stator und die Dioden zu kühlen, da der Rotor keine derartig hohe Wärmeabgabe aufweist, über die Rotorwelle 4 eine Kühlung erfährt und sich ohnehin in einem von ihm selbst verursachten

1297k/ot/wi  
18. Jan. 1978

- 19 -

2810222

Luftwirbelstrom befindet. Durch die rasch einsetzende und wirksame Verdampfungskühlung, wie soeben ausführlich erläutert, kann der Lüfter der Lichtmaschine ganz wegfallen, so daß sich die von der Lichtmaschine aufgenommene Leistung um ca. 30 % reduziert, was, wie eingangs schon erwähnt, bei Drehzahlen von  $n = 6000 \text{ min}^{-1}$  eine eingesparte Leistung von etwa 1,4 PS bedeutet, ganz abgesehen von den Vorteilen, die sich durch den erheblich besseren Wirkungsgrad der Lichtmaschine ergeben, der sich infolge der guten Kühlung von Stator und Dioden einstellt. Dies bedeutet bei gleicher Baugröße eine höhere Leistungsausbeute bzw. bei gleicher Leistung eine kleinere Baugröße.

Die Auslegung der Wärmerohrstrukturen auf die erforderliche Kühlung kann erreicht werden einmal durch entsprechende Wahl des Siedepunktes des Arbeitsmediums (<sup>Wahl des</sup>Wärmeträgers) im Wärmerohr und entsprechende Wahl des Systemdrucks, gegebenenfalls Unterdrucks im Wärmerohr, weiterhin durch den Wärmetransport von der Wärmequelle zu einer günstigen, einer wirksamen Kühlung unterworfenen Stelle sowie durch die freie Wahl <sup>insbesondere</sup> der Größe der Wärmeaustauschflächen auf der Kondensationsseite des Wärmerohrs. Diese Wärmeaustauschflächen können bei Luftkühlung dann, wenn bei hoher Lufttemperatur und kleiner Geschwindigkeit der Luft gearbeitet werden muß, vergleichsweise groß sein, was sich jedoch nicht störend auswirkt, da bei getrennt zum Drehstromgenerator befindlichem Kühlkörper dieser an einem beliebigen, geeigneten Platz angeordnet werden kann bzw. die Außenwandung des Drehstromgenerators mit Kühlrippen umgeben werden kann, deren Anzahl eine ausreichende Abführung der im Inneren der Lichtmaschine erzeugten Wärmemengen sichern.

Sollen die Temperaturen im Ständer und in den Dioden beispielsweise eine Temperatur von  $100^{\circ} \text{C}$  nicht übersteigen, so eignen sich als Arbeitsmedium Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkt

909837/0355

1297k/ot/wi  
18. Jan. 1978

- 20 -

2810222

von beispielsweise 60 bis 80° C bei einem Systemdruck im Wärmerohr von 1 at. Bei Unterdruck im Wärmerohr kann ein Arbeitsmedium mit einer entsprechend höheren Siedetempe<sup>ratur</sup> (bezogen auf Atmosphärendruck) gewählt werden.

909837/0355

- 21 -

Leerseite

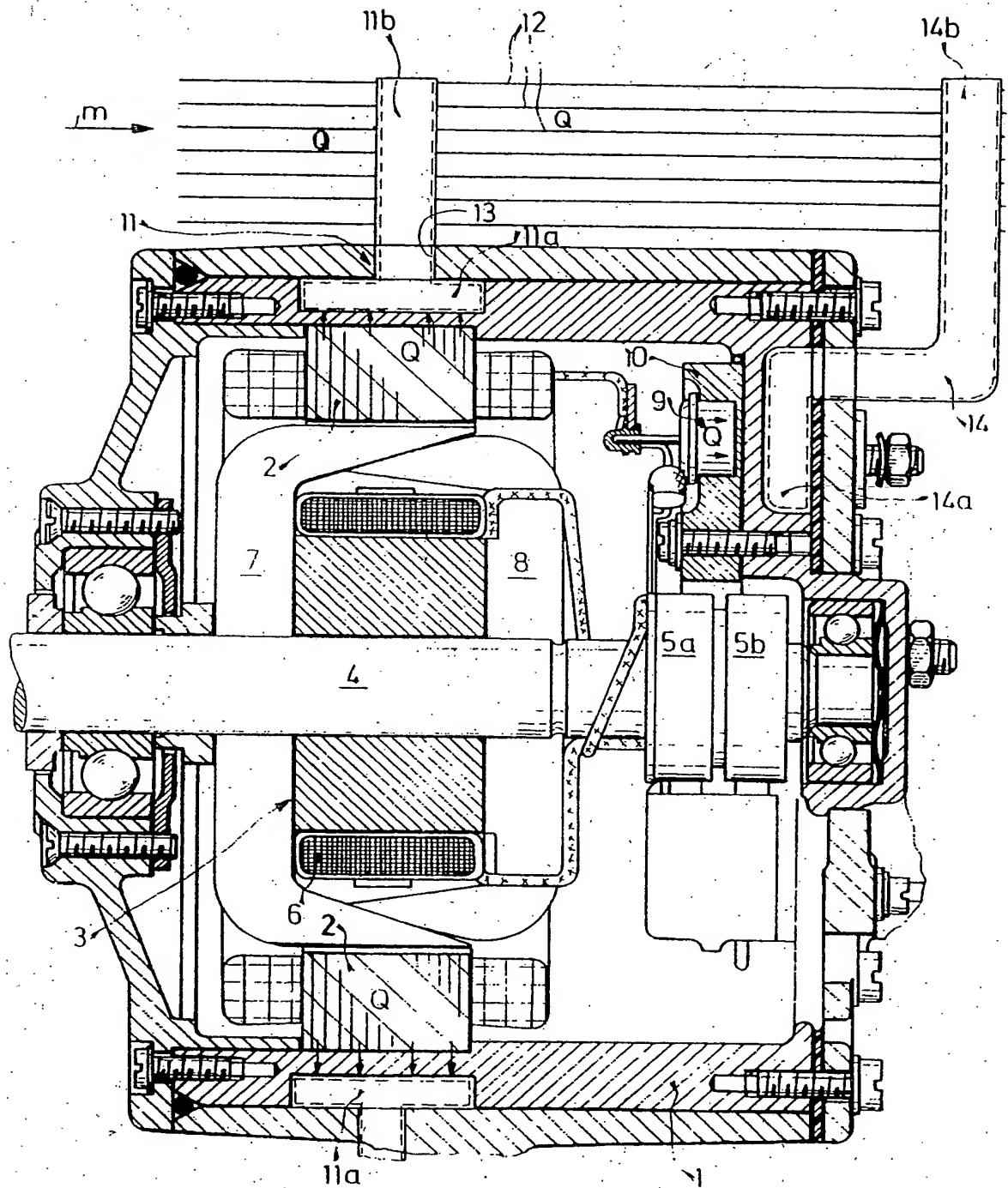
2810222

- 27 -

Nummer:  
Int. Cl.2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

28 10 222  
H 02 K 9/20  
9. März 1978  
13. September 1979

Fig.1



909837/0355

Fig. 2

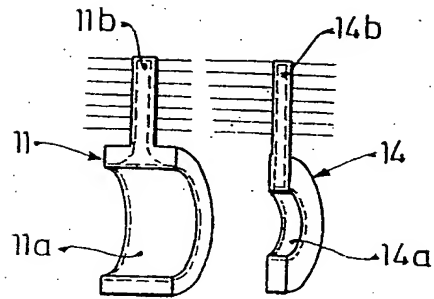


Fig. 3

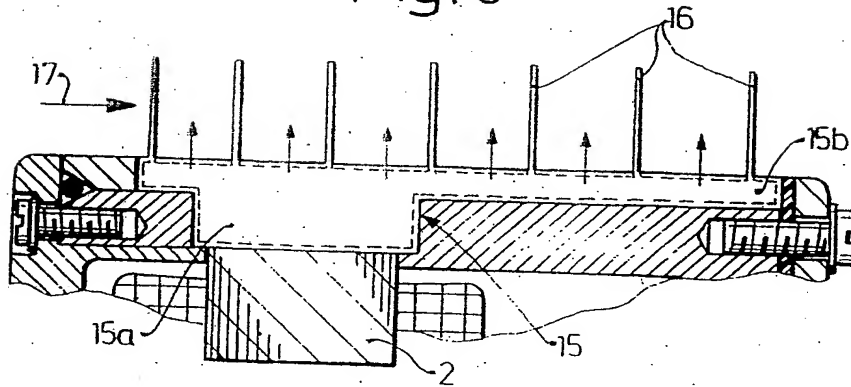


Fig. 4

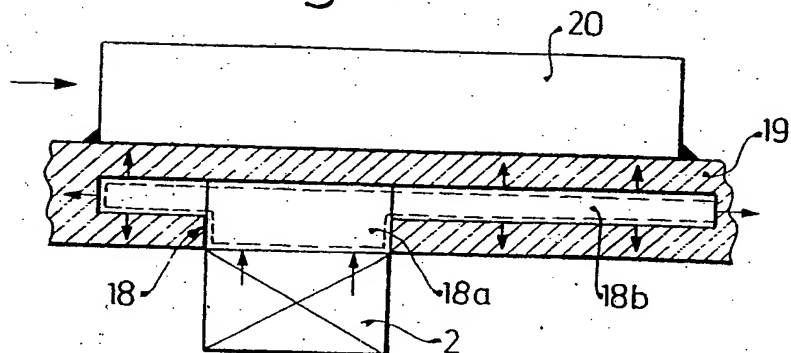




Fig. 5

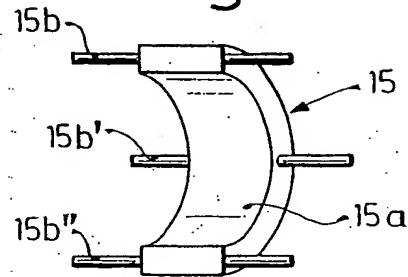


Fig. 6

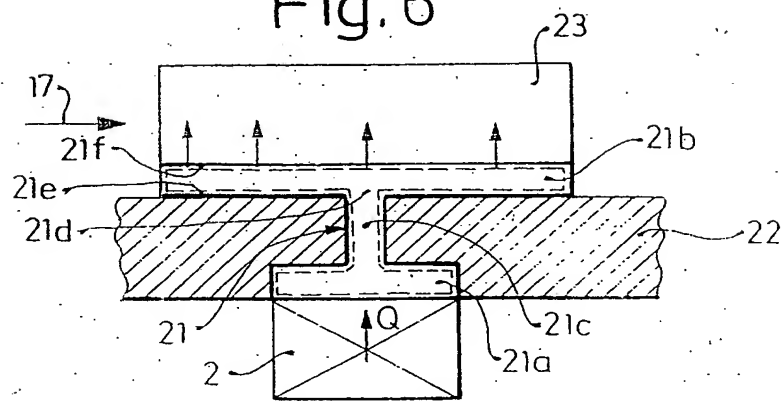


Fig. 7

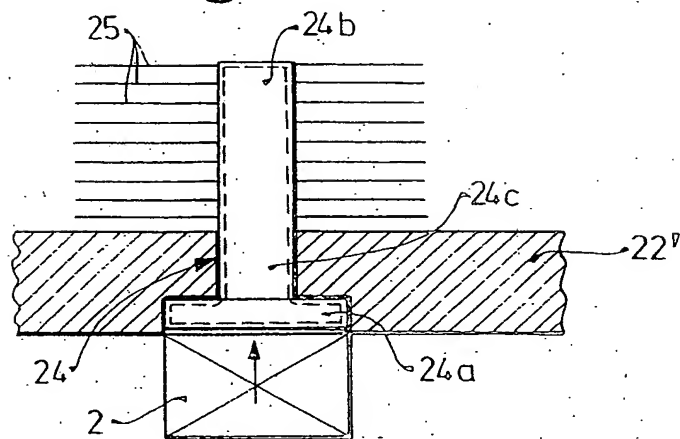


Fig. 8

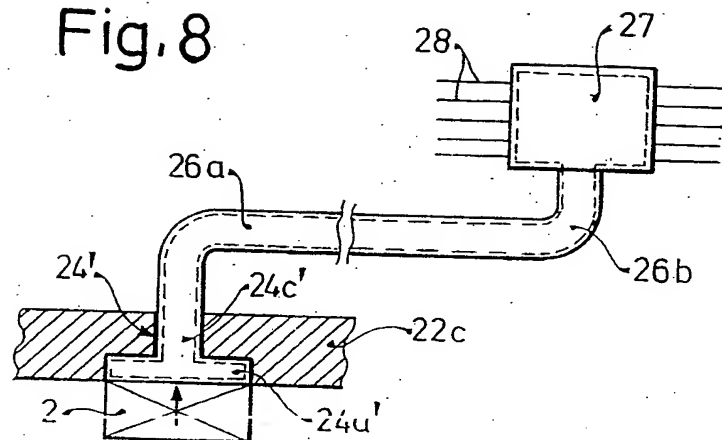


Fig. 9

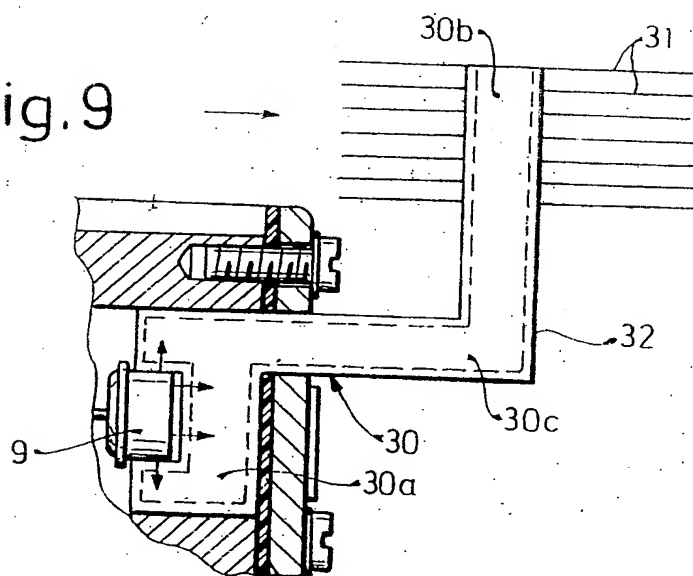


Fig. 10

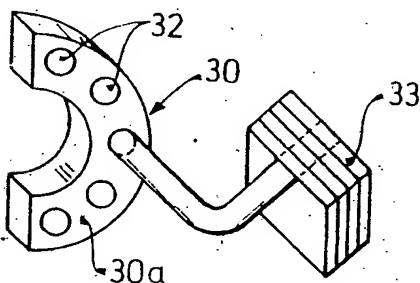


Fig. 11

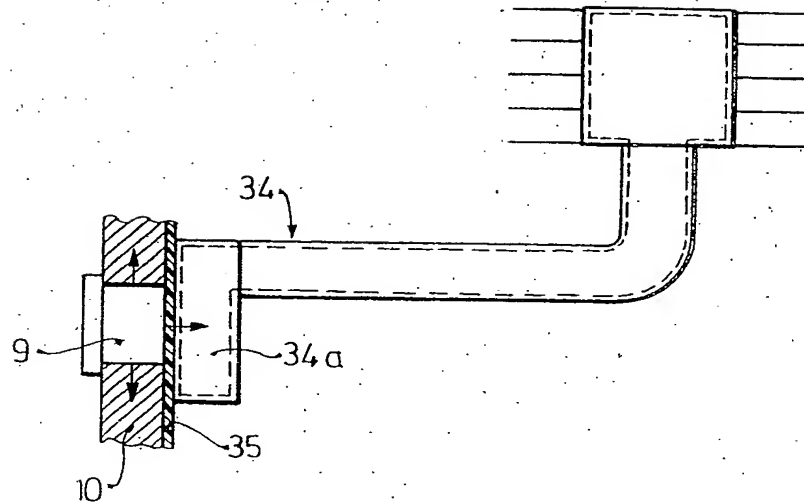
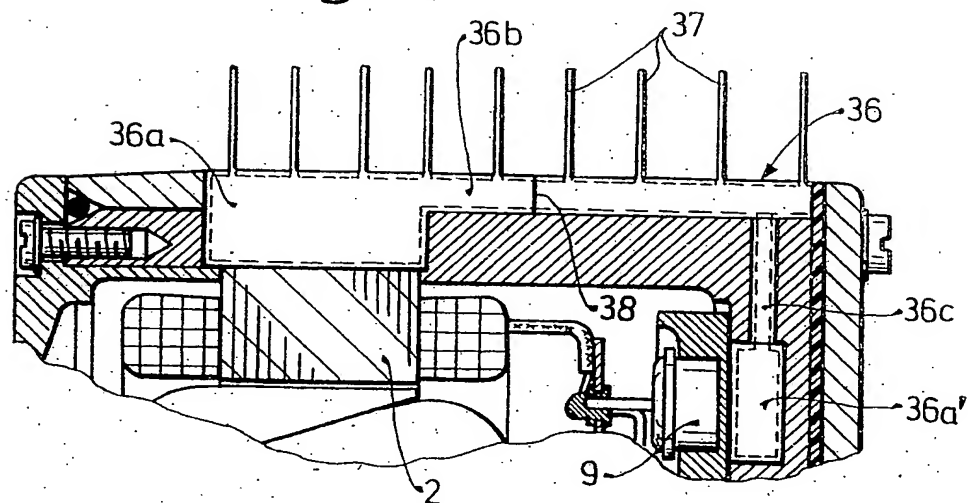


Fig. 12



- 26 -

Fig. 13

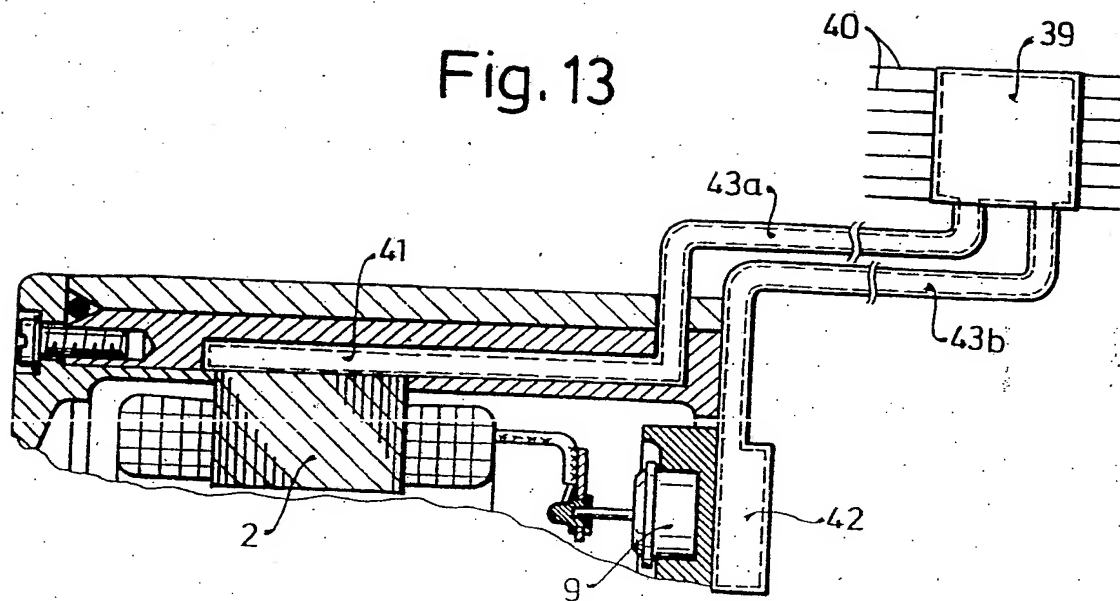
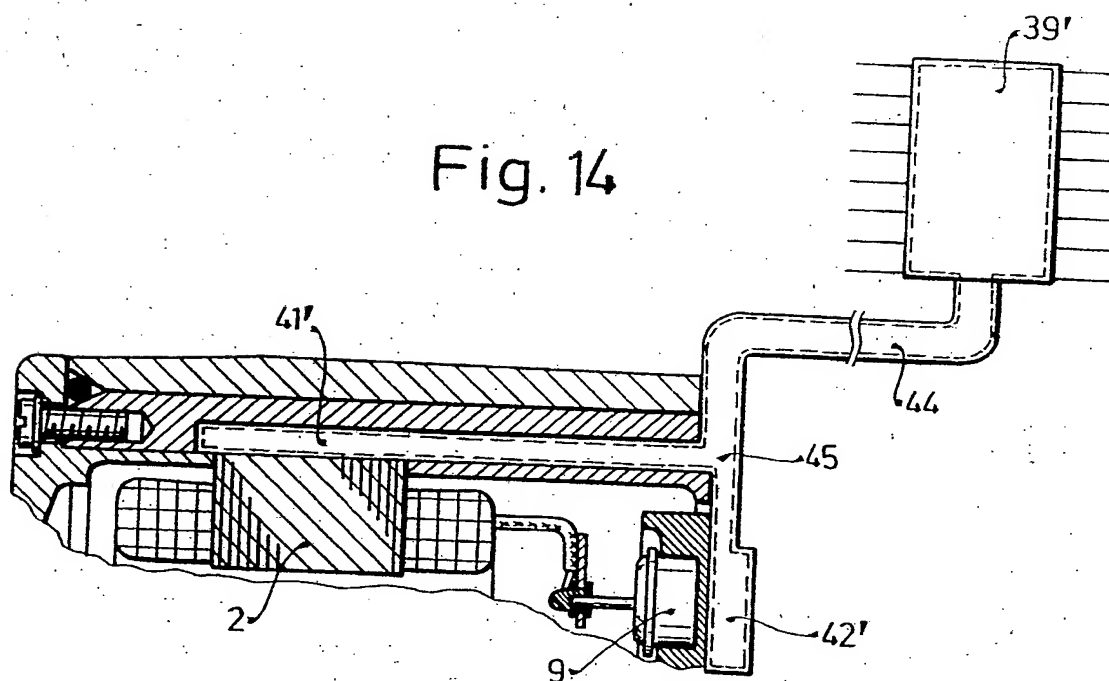


Fig. 14



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**